

流体動圧軸受用潤滑油、流体動圧軸受、モータおよび情報記録再生装置

技術分野

本発明は、軸体と軸体を回転自在に支持する軸体支持部との隙間に充填される流体動圧軸受用潤滑油、これを用いた流体動圧軸受、この流体動圧軸受を備えたモータ、およびこのモータを備えた情報記録再生装置に関する。

本願は、2003年6月27日に出願された日本国特願2003-185419に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

近年では、据え置き型のパーソナルコンピュータや携行可能なノートパソコン等の端末装置に搭載されるハードディスク装置（以下、HDDと呼ぶ。）には、磁気ディスク、光ディスク等の情報記録媒体を高速回転させるモータが設けられている。上記用途のモータには、情報記録媒体の回転速度および回転精度の向上が要求されているため、流体動圧軸受が設けられている。

例えば、特開2001-139971号公報（第4頁、第1-3図）に開示されたように、この流体動圧軸受は、軸体とスリーブ（軸体支持部）との隙間に流体として潤滑油を満たし、これらが互いに接触しないように軸体とスリーブとを相互に回転させるものである。

上記潤滑油は、基礎潤滑流体（基油）と、必要により酸化防止剤、防錆剤、摩耗防止剤等の添加剤から構成されている。ここで、基礎潤滑流体としては、情報記録媒体を駆動する際に発生する電流損失を小さくすることから低粘度であるものが好ましく、また、情報記録媒体の回転精度を向上させるために粘度の温度依存性が低いものが好ましい。

酸化防止剤、防錆剤および摩耗防止剤は、いずれも流体動圧軸受を構成する軸体およびスリーブの劣化を防ぐものである。特に、摩耗防止剤は、軸体とスリーブとの摩擦・摩耗を防ぐ重要な要素となる。なぜならば、情報記録媒体の停止時

においては軸体とスリーブとが接触し、情報記録媒体の駆動時には、これら軸体およびスリーブの間に摩擦・摩耗が発生するためである。

また、上記潤滑油は、長時間の使用によって少しずつ蒸発しており、動圧の発生ができない量まで蒸発すると、その時点で流体動圧軸受は機能しなくなる。このため、潤滑油は低蒸発量であることが好ましい。

以上のことから、従来の流体動圧軸受用潤滑油としては、粘度が低く、かつ、高耐酸化性・境界潤滑性・低表面移動性、粘度の温度依存性および低蒸発量が比較的良好な鉱油系の潤滑油が使用されている。また、リン酸エステルを基油としたものが提案されているが、実用には至っていない。

なお、近年では、HDDを携帯電話機やデジタルカメラ等の小型の情報家電にも搭載できるように、モータや流体動圧軸受に対する小型化、薄型化の要求も高まっている。

しかし、流体動圧軸受やモータの小型化、薄型化を図る場合、軸体およびスリーブの剛性力を確保することを考慮して、軸体とスリーブとの隙間を狭くすることが求められている。したがって、この隙間に充填される潤滑油の絶対量が減少するため、さらに低蒸発量とすることが潤滑油に対して求められている。また、モータの小型化、薄型化を図る場合、モータの発生トルクが小さくなるため、潤滑油の粘度をさらに低くすることが求められている。さらに、情報記録媒体の回転精度を向上させるために、粘度の温度依存性を少なくすることも潤滑油に対して求められている。

ところで、流体動圧軸受を備えたモータにおいては、その起動・停止による軸受表面の油膜切れによる回転ロックの問題もある。ここで、回転ロックとは、軸体とスリーブとが相互に動くことができない状態をいい、この状態においては、流体動圧軸受が使用不可能となる。

従来では、この問題を避けるために、軸体もしくはスリーブの一方を硬い金属材料にて形成すると共に、その他方を柔らかい金属材料にて形成し、油膜切れに基づくカジリ現象の防止を図っていた。ここで、カジリ現象とは、軸体およびスリーブが同じ種類の金属材料で形成され、かつ、軸体の表面やスリーブの内壁面が滑らかに加工されている場合、軸体の表面とスリーブの内壁面が接触した際に

、これら表面と内壁面とが吸着して、軸体がスリーブに対して動き難くなる現象であり、回転ロックを引き起こす要因となる。

しかし、このモータの小型化、薄型化を図る場合、前述したように、軸体とスリーブとの隙間を狭くすることが求められるが、この隙間を狭くすると、相異なる金属材料からなる軸体とスリーブとが接触しやすくなるため、軸体やスリーブの摩耗が増加し、この摩耗によって発生する微細粉に基づく回転ロックの問題があった。

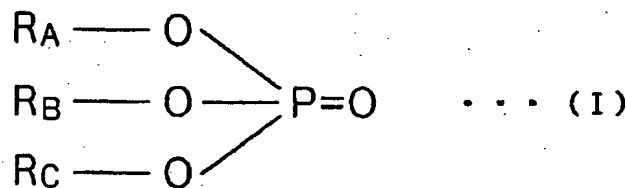
この回転ロックの問題を解消する方法としては、軸体およびスリーブを同じ種類の金属材料で形成し、予め軸体の表面やスリーブの内壁面に表面コーティングを施すことが検討されている。しかし、隙間寸法が数 μm と非常に狭いため、表面コーティングが厚い場合、隙間管理が困難となる。このため流体動圧軸受においては実施不可能である。

発明の開示

この発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、長寿命化、回転精度の向上など信頼性の向上を図ると共に、消費電流の削減を図ることができる流体動圧軸受用潤滑油、流体動圧軸受、モータ、および情報記録再生装置を提供する。

上記課題を解決するために、この発明は以下の手段を提案している。

本発明の流体動圧軸受用潤滑油は、一般式 (I)



(式中、 R_A 、 R_B 、 R_C は、それぞれアルキル基を示している。)により表されるリン酸トリエステルを含有する基油を有し、前記基油中に主基油として、前記一般式 (I) 中の3つのアルキル基が飽和炭化水素基であり、かつ、前記3つの

飽和炭化水素基のうち1つの炭素数が他の2つの炭素数と異なるリン酸トリエステルを含有する。

この発明に係る流体動圧軸受用潤滑油によれば、全て同じ炭素数である飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを基油とした従来の流体動圧軸受用潤滑油（以下、潤滑油とも呼ぶ。）に比べて、潤滑油の蒸発量と粘度とのトレードオフの関係を弱くすることができる。したがって、さらに低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油を提供できる。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油が、炭素数が8～9の前記飽和炭化水素基を少なくとも1つと、炭素数が6～7の前記飽和炭化水素基を少なくとも1つと、を有してもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、炭素数8～9の前記飽和炭化水素基が、2-エチル-1-ヘキシル基、1-オクチル基、3, 5, 5-トリメチル-1-ヘキシル基、イソノニル基、1-ノニル基のいずれかでもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、炭素数6～7の前記飽和炭化水素基が、3-メチル-1-ヘキシル基、5-メチル-1-ヘキシル基、1-ヘプチル基、1-ヘキシル基のいずれかでもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油に、他の基油、硫黄系極圧剤、防錆剤、酸化防止剤、酸性リン酸エステル、アミン系中和剤の少なくとも1つが添加されて前記基油が構成されてもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記他の基油が、鉱油系基油、合成系基油、エステル油、炭素数6～9の飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルの少なくとも1つを含み、前記基油に対する前記主基油の含有量が、30重量%以上100重量%未満でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油に含まれる3つの前記飽和炭化水素基の平均炭素数が、7よりも大きく8未満でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油であるリン酸トリエステルと、前記他の基油に含まれるリン酸トリエステルとを合わせた全てのリン酸トリエステルの飽和炭化水素基の平均炭素数が、7よりも大きく8未満でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油に含まれる前記飽和炭化

水素基が、全て直鎖アルキル基でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油に含まれる前記炭素数8～9の飽和炭化水素基が分枝アルキル基であり、前記主基油に含まれる前記炭素数6～7の飽和炭化水素基が、直鎖アルキル基でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油では、前記主基油に含まれる前記炭素数8～9の飽和炭化水素基が、直鎖アルキル基であり、前記主基油に含まれる前記炭素数6～7の飽和炭化水素基が、分枝アルキル基でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受の一態様は、流体動圧軸受であって、軸体と、前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油と、前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧を発生する動圧発生溝が前記軸体の表面または前記軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成された動圧発生部と、を備え、前記隙間の端部に形成され、前記軸体挿入穴の開口部に向けて漸次広がるオイルシール部が設けられ、前記オイルシール部の容積 ($V \text{ mm}^3$) に対する前記開口部の面積 ($S \text{ mm}^2$) の比が、 $2 \leq S/V \leq 6 \text{ (1/mm)}$ を満たす。

この発明に係る流体動圧軸受の一態様によれば、低蒸発量の潤滑油を使用しているため、オイルシール部の容積 V に対して開口部面積 S を大きくしても潤滑油の蒸発量の増加を抑制できる。すなわち、オイルシール部の容積 V を一定とした場合、開口部面積 S を増加させてオイルシール部の長さ寸法を短くできる。また、開口面積を一定とした場合、容積 V を小さくしてオイルシール部に充填する潤滑油の量を少なくしても、流体動圧軸受を長時間使用できる。

オイルシール部の開口部面積 S と容積 V との比 S/V が 6 (1/mm) よりも大きい場合、オイルシール部がキャピラリーシールとして機能しなくなり、潤滑油が隙間から外方に容易に漏出してしまふ。このため、 S/V は 6 (1/mm) 以下としている。 S/V が2よりも小さい場合、オイルシール部の長さ寸法が長くなり、流体動圧軸受の小型化が困難となる。このため、 S/V は 2 (1/mm) 以上としている。

本発明に係る流体動圧軸受の一態様では、前記開口部の面積が、 $0.5 \leq S \leq$

6 (mm²) を満たしてもよい。

開口部面積 S が 6 (mm²) よりも大きい場合、潤滑油の蒸発量が多くなってしまう場合がある。このため、開口部面積 S は 6 (mm²) 以下でもよい。開口部面積 S が 0.5 (mm²) よりも小さい場合、オイルシール部の長さ寸法が長くなり、流体動圧軸受の小型化が困難となる場合がある。このため、開口部面積 S は 0.5 (mm²) 以上でもよい。

本発明に係る流体動圧軸受の他の態様は、軸体と、前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された本発明に係る流体動圧軸受用潤滑油と、前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧を発生する動圧発生溝が前記軸体の表面または前記軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成された動圧発生部と、を備え、前記軸体および前記軸体支持部が、同じ種類の鉄系金属材料から形成されている。

この発明に係る流体動圧軸受の他の態様によれば、軸体が軸体支持部に対して停止している状態では、軸体の表面の一部が軸体支持部の内周面に接触している。そして、この停止状態から軸体を軸体支持部に対して回転させる際、これら軸体と軸体支持部との間に摩擦が発生する。この摩擦等によって発生する熱によって潤滑油は加熱されるため、潤滑油に含まれるリン酸エステルが高温分解すると共に軸体および軸体支持部の鉄分と結合して、リン化鉄 (FeP 、 Fe_3P 、 Fe_2P 、 FeP_2) が生成される。このリン化鉄は、軸体の表面やスリーブの内壁面に存在する凹部に入り込んで平滑面を形成すると共に、潤滑性に優れる皮膜を軸体の表面や軸体支持部の内壁面に形成する。上述の凹部は、軸体と軸体支持部との摩擦等によって形成されるものである。

したがって、軸体と軸体支持部との隙間に局所的な油膜切れが発生しても、上記皮膜によって、流体動圧軸受におけるカジリ現象の発生を抑制でき、回転ロックを防止できる。

また、軸体および軸体支持部が、硬度の等しい同じ種類の金属材料から構成されたことによって、前述した摩擦による軸体および軸体支持部の摩耗を抑制できる。

本発明に係るモータは、コアおよびコイルからなるステータと、前記ステータに対向して円環状に配列された永久磁石を有するロータと、本発明に係る流体動圧軸受と、を備え、前記ステータと前記軸体支持部とが一体的に固定され、前記ロータが、前記軸体に固定されている。

この発明に係るモータによれば、粘度の低い潤滑油を使用するため、ロータをステータに対して回転させる際、潤滑油の抵抗が少なくなり、ロータの駆動に要する消費電流を削減できる。

また、粘度の温度依存性が低い潤滑油を使用するため、ロータをステータに対して回転させた際、軸体と軸体支持部との摩擦等により潤滑油の温度が変化しても、その粘度の変化量は少ない。したがって、低温時の潤滑油粘度の上昇に伴うモータの消費電流の上昇を抑制できると共に、高温時の潤滑油粘度の低下に伴う軸受剛性の低下を抑制できるため、ステータに対するロータの回転精度を維持できる。

本発明に係る情報記録再生装置は、本発明に係るモータと、薄板状の情報記録媒体と、前記情報記録媒体に情報を記録すると共に前記情報記録媒体に記録された情報を再生するヘッドスタックアッセンブリーと、を備え、前記ロータが、前記情報記録媒体を固定する固定部を備える。

この発明に係る情報記録再生装置によれば、ステータに対するロータの回転精度が向上する、すなわち、モータの回転むらが抑制されるため、モータにより情報記録媒体を回転させた際にはロータが安定して回転することになる。このため、ロータおよび情報記録媒体を回転させヘッドスタックアッセンブリーにより情報記録媒体に情報を記録したり、情報記録媒体に記録された情報を再生したりする際に不具合が発生することを防止できる。

図面の簡単な説明

図1は、この発明の一実施形態に係るHDDを示す概略断面図である。

図2は、図1のHDDにおいて、流体動圧軸受を示す拡大断面図である。

図3は、図1のHDDにおいて、オイルシール部を示す拡大断面図である。

図4は、従来の流体動圧軸受におけるオイルシール部を示す拡大断面図である。

図5は、本発明に係るHDDに使用する潤滑油の蒸発量を示すグラフである。

図6は、本発明に係るHDDに使用する潤滑油の粘度の温度依存性を示すグラフである。

図7は、本発明に係るHDDにおいて、軸体およびロータの駆動に要する消費電流とを示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照しつつ、本発明の好適な実施例について説明する。ただし、本発明は以下の各実施例に限定されるものではなく、例えばこれら実施例の構成要素同士を適宜組み合わせてもよい。

図1から図7はこの発明に係る一実施形態を示す図である。図1に示すように、この実施の形態に係るHDD（情報記録再生装置）1は、モータ3を備えている。このモータ3は、浅底の略円筒状に形成されたベースプレート40と、ベースプレート40に固定されたステータ4と、ステータ4に対して中心軸線A1回りに回転するロータ5と、ステータ4に対してロータ5を回転自在に支持する流体動圧軸受7とを備えている。

流体動圧軸受部7は、断面略十字型の円柱状に形成された軸体11と、軸体11を回転自在に収容する断面略十字型の軸体挿入穴13aを有するスリーブ（軸体支持部）13と、軸体挿入穴13aと軸体11との隙間に充填された潤滑油（流体動圧軸受用潤滑油）15とを備えている。

軸体11は、図2に示すように、その中心軸線A1方向の中央部に鏢状に形成されたスラスト軸部17と、中心軸線A1方向の両側に突出する略円柱状の支持部19およびラジアル軸部21とを備えており、これらスラスト軸部17、支持部19およびラジアル軸部21は一体的に形成されている。

ラジアル軸部21の外周面21aには、ヘリングボーンと呼ばれる形状の動圧発生溝23が複数形成されている。また、スラスト軸部17の表面17aおよび裏面17bには、スパイラル形状の動圧発生溝（図示せず）が複数形成されている。

これら動圧発生溝は、軸体 1 1 を中心軸線 A 1 回りに回転させた際に、潤滑油 1 5 を集めて動圧を発生させ、スリーブ 1 3 により軸体 1 1 を回転可能に支持するものである。すなわち、ラジアル軸部 2 1 の動圧発生溝 2 3 において発生する潤滑油 1 5 の動圧（ラジアル動圧）が軸体 1 1 の径方向の軸受の役割を果たしている。また、スラスト軸部 1 7 の動圧発生溝において発生する潤滑油 1 5 の動圧（スラスト動圧）が軸体 1 1 の中心軸線 A 1 方向の軸受の役割を果たしている。

これら潤滑油 1 5 および動圧発生溝により動圧発生部 2 5 が構成されている。

スリーブ 1 3 は、有底略円筒状のスリーブ本体 2 7 と、軸体 1 1 の支持部 1 9 を突出させた状態で、軸体 1 1 との間に隙間を空けてスリーブ本体 2 7 の開放端を塞ぐカウンタープレート 2 9 とから構成されている。スリーブ本体 2 7 は、ベース部材 2 に固定されており、小径円筒部 3 1 と大径円筒部 3 3 とから構成されている。

小径円筒部 3 1 は、軸体挿入穴 1 3 a のうち閉塞端側を形成する穴 3 5 を有しており、この穴 3 5 にはラジアル軸部 2 1 を挿入できるようになっている。

大径円筒部 3 3 は、軸体挿入穴 1 3 a の開放端側を形成する貫通孔 3 7 を有しており、この貫通孔 3 7 にはスラスト軸部 1 7 を挿入できるようになっている。

これら小径円筒部 3 1 および大径円筒部 3 3 は、一体的に形成されている。

カウンタープレート 2 9 は、略円盤状に形成されており、その中心軸線 A 1 方向に支持部 1 9 を挿入するための貫通孔 3 9 が形成されている。この貫通孔 3 9 は、小径円筒部 3 1 の穴 3 5 および大径円筒部 3 3 の貫通孔 3 7 と共に軸体挿入穴 1 3 a を構成している。また、この貫通孔 3 9 は、図 3 に示すように、中心軸線 A 1 に沿ってロータ 5 側に向けてすり鉢状に拡径するテーパ面 3 9 a を有している。

この貫通孔 3 9 のテーパ面 3 9 a と、テーパ面 3 9 a に対向する支持部 1 9 の外周面とにより挟まれる断面視略台形状の領域が、軸体 1 1 と軸体挿入穴 1 3 a との隙間から潤滑油 1 5 が漏出することを防止するオイルシール部 3 8 となっている。すなわち、オイルシール部 3 8 は、軸体 1 1 と軸体挿入穴 1 3 a との隙間の端部に形成され、軸体挿入穴 1 3 a の開口部に向けて漸次広がるように形成されている。

このオイルシール部 38 の容積を V (mm^3)、オイルシール部 38 の開口部側の面積を S (mm^2) とすると、これら V と S との関係が、 $2 \leq S/V \leq 6$ ($1/\text{mm}$)、なっている。また、開口部面積 S が、 $0.5 \leq S \leq 6$ (mm^2)、となっている。

オイルシール部の開口部面積 S と容積 V との比 S/V を 6 ($1/\text{mm}$) よりも大きくした場合、オイルシール部 38 がキャピラリーシールとして機能しなくなり、潤滑油 15 が隙間から外方に容易に漏出してしまう場合がある。このため、 S/V を 6 ($1/\text{mm}$) 以下としている。また、開口部面積 S を 6 (mm^2) よりも大きくした場合、潤滑油 15 の蒸発量が多くなってしまう場合がある。このため、開口部面積 S を 6 (mm^2) 以下としている。さらに、 S/V を 2 よりも小さくした場合、または開口部面積 S を 0.5 (mm^2) よりも小さくした場合、オイルシール部 38 の長さ寸法が長くなり、流体動圧軸受部 7 の小型化が困難となる場合がある。このため、 S/V を 2 ($1/\text{mm}$) 以上とし、開口部面積 S を 0.5 (mm^2) 以上とする。

なお、従来の流体動圧軸受では、潤滑油の蒸発を抑制することを目的として S を小さくする必要があったため、これら V と S との比が、本実施形態の S/V の値よりも小さく、 $S/V = 1.8$ ($1/\text{mm}$) としていた。このため、図 4 に示すように、従来の流体動圧軸受部のオイルシール部 138 においては、中心軸線 A1 方向にわたる長さ寸法 X2 が、本実施形態のオイルシール部 38 における長さ寸法 X1 よりも長くなる。すなわち、流体動圧軸受部の小型化が困難となる。

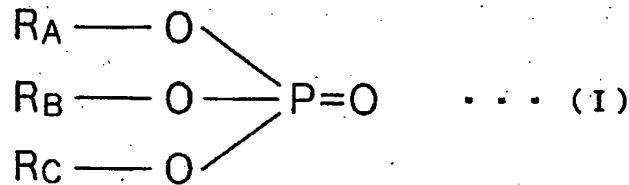
なお、図 4 中、符号 105 はロータ、符号 111 は軸体、符号 115 は潤滑油、符号 117 はスラスト軸部、符号 119 は軸体 111 の支持部、をそれぞれ示す。

以上のように構成された流体動圧軸受 7 において、軸体 11 がスリーブ 13 に対して回転した際、この穴 35 の内周面 35a とラジアル軸部 21 の外周面 21a との隙間 R1 に潤滑油 15 が集められてラジアル動圧が発生する。また、この際には、スラスト軸部 17 の表面 17a と、この表面 17a に対向するカウンタープレート 29 の裏面 29a との隙間 R2、およびスラスト軸部 17 の裏面 17b と、この裏面 17b に対向する小径円筒部 31 の軸方向の端面 31a との隙間

R 3 に、潤滑油 1 5 が集められてスラスト動圧が発生する。

この流体動圧軸受 7 を構成する軸体 7 およびスリーブ 1 3 は、同一種類の鉄系金属材料から形成されている。

潤滑油 1 5 には、下記の一般式 (I) で表されるリン酸トリエステルが、潤滑油組成物のうちの基油として含まれている。



上記一般式 (I) において、 R_A 、 R_B 、 R_C は、それぞれ飽和炭化水素基であるアルキル基を示している。潤滑油 1 5 は、主たる基油（以下、第 1 の基油または主基油と呼ぶ。）として、 $\text{R}_A \sim \text{R}_C$ のうち 1 つの飽和炭化水素基の炭素数が他の 2 つの飽和炭化水素基の炭素数とは異なっているリン酸トリエステルを含有している。

この第 1 の基油（主基油）であるリン酸トリエステルは、炭素数が 8 ～ 9 の飽和炭化水素基を少なくとも 1 つと、炭素数が 6 ～ 7 の前記飽和炭化水素基を少なくとも 1 つと、を有してもよい。炭素数が 8 ～ 9 の飽和炭化水素基としては、2-エチル-1-ヘキシル基、1-オクチル基、3, 5, 5-トリメチル-1-ヘキシル基、イソノニル基、1-ノニル基のいずれかでもよい。また、炭素数が 6 ～ 7 の飽和炭化水素基としては、3-メチル-1-ヘキシル基、5-メチル-1-ヘキシル基、1-ヘプチル基、1-ヘキシル基のいずれかでもよい。さらに、第 1 の基油であるリン酸トリエステルが有する 3 つの飽和炭化水素基の平均炭素数は、7 よりも大きく 8 未満でもよい。

また、第 1 の基油であるリン酸トリエステルにおいて、炭素数 8 ～ 9 の飽和炭化水素基が分枝アルキル基であり、炭素数 6 ～ 7 の飽和炭化水素基が直鎖アルキル基でもよい。

ただし、これに限ることはなく、第 1 の基油であるリン酸トリエステルが有す

る全ての飽和炭化水素基が直鎖アルキル基でもよく、また分枝アルキル基でもよい。

この第1の基油には、必要に応じて、(i) 第2の基油 (他の基油)、(i i) 硫黄系極圧剤、(i i i) 防錆剤、(i v) 酸化防止剤、(v) 酸性リン酸エステル、亜リン酸エステル、または酸性亜リン酸エステル、(v i) アミン系中和剤等が添加されて潤滑油の基油が得られる。

なお、第1の基油に第2の基油を添加して潤滑油の基油とする場合、基油に対する第1の基油の含有量を30重量%以上100重量%未満としてもよい。また、この場合、第1の基油であるリン酸トリエステルと、第2の基油に含まれるリン酸トリエステルとを合わせた全てのリン酸トリエステルの飽和炭化水素基の平均炭素数が、7よりも大きく8未満としてもよい。

(i) 第2の基油としては、好ましくは40℃における動粘度が2~4600 (mm^2/s)、さらに好ましくは2~460 (mm^2/s)、特に好ましくは2~220 (mm^2/s) の油であり、その種類は特に限定されるものではない。

すなわち、通常設備油の基油として使用されているものであればよく、鉱油系、合成油系を問わない。

鉱油系基油としては、例えば、パラフィン系原油、中間系原油、ナフテン系原油を常圧蒸留または減圧蒸留し、その潤滑油蒸留分を溶剤脱れき、水素化分解、溶剤脱ろう、接触脱ろう、水素化精製、硫酸洗浄、白土処理などの精製法により得られる精製油が挙げられ、水素化精製した1次水添ベース、2次水添ベース、また溶剤精製ベースのものが好ましく、中でも2次水添ベースの高精製鉱油が特に好ましい。

また、合成油系基油としては、例えば、ポリ α -オレフィン、ポリブテン、二塩基酸エステル、ポリアルキレングリコール、ヒンダードエステル、芳香族トリカルボン酸エステル、アルキルベンゼン、アルキルナフタレン、ポリエーテルなど様々なものが使用できるが、中でもポリ α -オレフィンが好ましい。

また、第2の基油は、エステル油であり、一般式(I)の各 R_A 、 R_B 、 R_C に含まれる炭素数が全て等しいリン酸トリエステルであっても構わない。第2の基油としてのリン酸トリエステルは、炭素数6~9の飽和炭化水素基を有すること

が好ましい。

この第2の基油としてのリン酸エステルとしては、トリアリールホスフェート、トリアルキルホスフェート、トリアルキルアリールホスフェート、トリアリールアルキルホスフェート、トリアルニケルホスフェートなどが挙げられる。具体的には、例えば、トリフェニルホスフェート、トリクレジルホスフェート、ベンジルジフェニルホスフェート、エチルジフェニルホスフェート、トリブチルホスフェート、エチルジブチルホスフェート、クレジルジフェニルホスフェート、ジクレジルフエニルホスフェート、エチルフエニルジフェニルホスフェート、ジエチルフエニルフェニルホスフェート、プロピルフエニルジフェニルホスフェート、ジプロピルフエニルフェニルホスフェート、トリエチルフエニルホスフェート、トリプロピルフエニルホスフェート、ブチルフエニルジフェニルホスフェート、ジブチルフエニルフェニルホスフェート、トリブチルフエニルホスフェート、トリヘキシルホスフェート、トリヘプチルホスフェート、トリ（2-エチルヘキシル）ホスフェート、トリオクチルホスフェート、トリノニルホスフェート、トリデシルホスフェート、トリラウリルホスフェート、トリミリスチルホスフェート、トリパルミチルホスフェート、トリステアリルホスフェート、トリオレイルホスフェートなどが挙げられる。

以上の基油は一種類を単独で使用してもよいし、二種類以上組み合わせて使用してもよい。

(i i) 硫黄系極圧剤としては、分子内に硫黄原子を有し、潤滑油基油中に分散できると共に、極圧性や良好な摩擦特性を発揮するものが用いられる。

このような物質としては、例えば、硫化油脂、硫化脂肪酸、硫化エステル、硫化オレフィン、ジヒドロカルビルポリサルファイド、チアジアゾール化合物、アルキルチオカルバモイル化合物、チオカーバメート化合物、チオテルペン化合物、ジアルキルチオジプロピオネート化合物などが挙げられる。

上記硫化油脂は、硫黄や硫黄含有化合物と、油脂（ラード油、鯨油、植物油、魚油等）と、を反応させることによって得られる。硫化油脂の硫黄含有量は特に制限はないが、一般に、5～30重量%が好適である。

この硫化油脂としては、例えば、硫化ラード、硫化なたね油、硫化ひまし油、

硫化大豆油、硫化米ぬか油などが挙げられる。

また、上記硫化脂肪酸としては、例えば、硫化オレイン酸メチルなどがあり、上記硫化エステルとしては、例えば、硫化オレイン酸メチル、硫化米ぬか脂肪酸オクチルなどが挙げられる。

(i i i) 防錆剤としては、金属系スルホネート、カルボン酸、アルカノールアミン、アミド、酸アミド、リン酸エステルの金属塩などが挙げられ、中でもカルボン酸が好ましい。また、金属不活性化剤としては、ベンゾトリアゾール、チアジアゾールなどが挙げられ、中でもベンゾトリアゾールが好ましい。

(i v) 酸化防止剤としては、アミン系酸化防止剤やフェノール系酸化防止剤が好ましく用いられる。

アミン系酸化防止剤としては、例えば、モノオクチルジフェニルアミン、モノノニルジフェニルアミンなどのモノアルキルジフェニルアミン系、4, 4'-ジブチルジフェニルアミン、4, 4'-ジペンチルジフェニルアミン、4, 4'-ジヘキシルジフェニルアミン、4, 4'-ジヘプチルジフェニルアミン、4, 4'-ジオクチルジフェニルアミン、4, 4'-ジノニルジフェニルアミンなどのジアルキルジフェニルアミン系、テトラブチルジフェニルアミン、テトラヘキシルジフェニルアミン、テトラオクチルジフェニルアミン、テトラノニルジフェニルアミンなどのポリアルキルジフェニルアミン系、 α -ナフチルアミン、フェニル- α -ナフチルアミン、ブチルフェニル- α -ナフチルアミン、ペンチルフェニル- α -ナフチルアミン、ヘキシルフェニル- α -ナフチルアミン、ヘプチルフェニル- α -ナフチルアミン、オクチルフェニル- α -ナフチルアミン、ノニルフェニル- α -ナフチルアミンなどのナフチルアミン系のものが挙げられる。これらの中では、ジアルキルジフェニルアミン系およびナフチルアミン系のものが、抗酸化寿命の点で特に好ましい。

また、フェノール系酸化防止剤としては、例えば、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-エチルフェノール、2, 6-ジ-tert-ブチル-4-{4, 6-ビス(オクチルチオ)-1, 3, 5-トリアジン-2-イルアミノ}フェノールなどのモノフェノール系や、4, 4'-メチレンビス(2, 6-ジ-tert-ブチルフェノール)、2

、2'-メチレンビス(4-エチル-6-tert-ブチルフェノール)などのジフェノール系のものが挙げられる。

これら酸化防止剤は、一種類を単独で用いてもよいし、二種類以上を組み合わせ用いてもよい。また、この酸化防止剤の配合量の範囲は、流体動圧軸受用潤滑油の全重量に対して、0.01～5.0重量%であり、好ましくは0.03～3.0重量%である。

(v) 酸性リン酸エステルとしては、例えば、2-エチルヘキシルアシッドホスフェート、エチルアシッドホスフェート、ブチルアシッドホスフェート、オレイルアシッドホスフェート、テトラコシルアシッドホスフェート、イソデシルアシッドホスフェート、ラウリルアシッドホスフェート、トリデシルアシッドホスフェート、ステアリルアシッドホスフェート、イソステアリルアシッドホスフェートなどが挙げられる。

また、亜リン酸エステルとしては、例えば、トリエチルホスファイト、トリブチルホスファイト、トリフェニルホスファイト、トリクレジルホスファイト、トリ(ノニルフェニル)ホスファイト、トリ(2-エチルヘキシル)ホスファイト、トリデシルホスファイト、トリラウリルホスファイト、トリイソオクチルホスファイト、ジフェニルイソデシルホスファイト、トリステアリルホスファイト、トリオレイルホスファイトなどが挙げられる。

また、酸性亜リン酸エステルとしては、例えば、ジブチルハイドロゲンホスファイト、ジラウリルハイドロゲンホスファイト、ジオレイルハイドロゲンホスファイト、ジステアリルハイドロゲンホスファイト、ジフェニルハイドロゲンホスファイトなどが挙げられる。

以上のリン酸エステル類の中でも、トリクレジルホスフェート、トリフェニルホスフェートが好適である。

(vi) アミン系中和剤は、前述したリン酸エステル類と中和してアミン塩を形成するものである。このアミン系中和剤としては、例えば、一般式(I I)で表されるモノ置換アミン、ジ置換アミンまたはトリ置換アミンがある。



式中の R^4 は、炭素数3～30のアルキル基もしくはアルケニル基、炭素数6

～30のアリール基もしくはアリールアルキル基、炭素数2～30のヒドロキシアルキル基を示し、 n は1, 2または3を示している。また、複数の R^4 を有する場合、複数の R^4 は同一のものでもよいし、相異なるものでもよい。なお、上記一般式(I I)における R^4 のうち、炭素数3～30のアルキル基もしくはアルケニル基は、直鎖状、分岐状、環状のいずれであっても構わない。

モノ置換アミンとしては、例えば、ブチルアミン、ペンチルアミン、ヘキシルアミン、シクロヘキシルアミン、オクチルアミン、ラウリルアミン、ステアリルアミン、オレイルアミン、ベンジルアミンなどが挙げられる。

ジ置換アミンとしては、例えば、ジブチルアミン、ジペンチルアミン、ジヘキシルアミン、ジシクロヘキシルアミン、ジオクチルアミン、ジラウリルアミン、ジステアリルアミン、ジオレイルアミン、ジベンジルアミン、ステアリル・モノエタノールアミン、デシル・モノエタノールアミン、ヘキシル・モノプロパノールアミン、ベンジル・モノエタノールアミン、フェニル・モノエタノールアミン、トリル・モノプロパノールアミンなどが挙げられる。

トリ置換アミンとしては、例えば、トリブチルアミン、トリペンチルアミン、トリヘキシルアミン、トリシクロヘキシルアミン、トリオクチルアミン、トリラウリルアミン、トリステアリルアミン、トリオレイルアミン、トリベンジルアミン、ジオレイル・モノエタノールアミン、ジラウリル・モノプロパノールアミン、ジオクチル・モノエタノールアミン、ジヘキシル・モノプロパノールアミン、ジブチル・モノプロパノールアミン、オレイル・ジエタノールアミン、ステアリル・ジプロパノールアミン、ラウリル・ジエタノールアミン、オクチル・ジプロパノールアミン、ブチル・ジエタノールアミン、ベンジル・ジエタノールアミン、フェニル・ジエタノールアミン、トリル・ジプロパノールアミン、キシリル・ジエタノールアミン、トリエタノールアミン、トリプロパノールアミンなどが挙げられる。

上記潤滑油15の組成の具体例について、以下に説明する。

(具体例1)

一般式(I)における飽和炭化水素基 R_A , R_B , R_C が炭素数8の2-エチル

ヘキシル基と炭素数7の1-ヘプチル基とからなるリン酸トリエステルを、潤滑油組成物における基油P1とした。

表1に示すように、 R_A , R_B , R_C のうち、1つが2-エチル-1-ヘキシル基であると共に、残りの2つが1-ヘプチル基であり、各 R_A , R_B , R_C に含まれる炭素数が8, 8, 7であるリン酸トリエステルと、 R_A , R_B , R_C のうち、2つが2-エチル-1-ヘキシル基であると共に、残りの1つが1-ヘプチル基であり、各 R_A , R_B , R_C に含まれる炭素数が8, 7, 7であるリン酸トリエステルとによって、第1の基油が構成されている。

また、 R_A , R_B , R_C の全てが1-ヘプチル基であるリン酸トリエステルと、 R_A , R_B , R_C の全てが2-エチル-1-ヘキシル基であるリン酸トリエステルとによって、第2の基油が構成されている。

潤滑油組成物としての基油P1には、第1の基油と第2の基油とが表1に示す重量比で配合されている。この基油P1を構成する各種のリン酸トリエステルの重量比を表1に示す値とすると、この基油P1において各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数は、7.44となる。

(表1)

	リン酸エステルの R_A, R_B, R_C	重量%
第1の基油	1つが2-エチル-1-ヘキシル基	48
	2つが1-ヘプチル基	
	2つが2-エチル-1-ヘキシル基 1つが1-ヘプチル基	31
第2の基油	全て1-ヘプチル基	14
	全て2-エチル-1-ヘキシル基	7

具体例1の潤滑油には、表2に示すように、基油P1に加えて、アミン系中和剤であるジオクチルアミン(A1)、および酸化防止剤である2, 6-ジ-*tert*-ブチル-4-メチルフェノール(B1)が配合されている。また、この潤滑油には、酸性リン酸エステルであるラウリルアシッドホスフェート(Q1)、防錆剤であるベンゾトリアゾール(T1)、および、極圧性や摩擦特性を向上させる硫

黄系極圧剤であるジヒドロカルビルポリサルファイド (S 1) も適宜配合されている。これら成分により、基油 P 1 を含有する 4 種類の潤滑油 L 1 ~ L 4 は、それぞれ構成されている。

なお、表 2 中の比重および粘度は、20℃における値となっている。

(表 2)

潤滑油		L1	L2	L3	L4
配合比(単位部)	P1	95.3	92.8	92.4	98.8
	Q1	1	2	2	—
	A1	3	5	5	1
	T1	0.1	0.1	—	—
	S1	0.5	—	0.5	—
	B1	0.1	0.1	0.1	0.2
潤滑油の特性	20℃比重 (kg/m ³)	0.927	0.925	0.926	0.926
	20℃粘度 (mPa·s)	12.35	12.60	12.80	12.25
	引火点 (℃)	228	220	215	230

(具体例 2)

一般式 (I) における飽和炭化水素基 R_A , R_B , R_C が炭素数 8 の 1-オクチル基と炭素数 6 の 1-ヘプチル基であるリン酸トリエステルを、潤滑油組成物における基油 P 2 ~ P 4 とした。

表 3 に示すように、 R_A , R_B , R_C のうち、2 つが 1-オクチル基であると共に、残りの 1 つが 1-ヘキシル基であり、各 R_A , R_B , R_C に含まれる炭素数が 8, 8, 6 であるリン酸トリエステルと、 R_A , R_B , R_C のうち、1 つが 1-オクチル基であると共に、残りの 2 つが 1-ヘキシル基であり、各 R_A , R_B , R_C に含まれる炭素数が 8, 6, 6 であるリン酸トリエステルとによって、第 1 の基油が構成されている。

また、 R_A , R_B , R_C の全てが 1-オクチル基であるリン酸トリエステルと、

R_A , R_B , R_C の全てが1-ヘキシル基であるリン酸トリエステルとによって、第2の基油が構成されている。

潤滑油組成物としての基油P2～P4には、第1の基油と第2の基油とが表3に示す重量比で配合されている。各基油P2～P4を構成する各種のリン酸トリエステルの重量比を表3に示す値とすると、各基油P2～P4において各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数は、それぞれ、7.42、7.45、7.35となる。

(表3)

	リン酸エステルの R_A, R_B, R_C	P2 重量%	P3 重量%	P4 重量%
第1の基油	2つが1-オクチル基 1つが1-ヘキシル基	62	59	58
	1つが1-オクチル基 2つが1-ヘキシル基	5	10	17
第2の基油	全て1-オクチル基	33	30	23
	全てヘキシル	0	1	2
平均炭素数		7.42	7.45	7.35

具体例2の潤滑油には、表4に示すように、各基油P2～P4に加えて、アミン系中和剤であるトリシクロヘキシルアミン(A2)、および酸化防止剤であるフェニル- α -ナフチルアミン(B2)が配合されている。また、この潤滑油には、酸性リン酸エステルであるステアリルアシッドホスフェート(Q2)も適宜配合されている。これら成分により、各基油P2～P4を含有する3種類の潤滑油L5～L7が、それぞれ構成されている。

(表 4)

潤滑油		L5	L6	L7
配合比(単位部)	P2	96.9	—	—
	P3	—	96.4	—
	P4	—	—	96.9
	Q2	—	0.5	—
	A2	3.0	3.0	3.0
	B2	0.1	0.1	0.1
潤滑油の特性	20℃比重 (kg/m ³)	0.916	0.919	0.920
	20℃粘度 (mPa·s)	12.03	11.58	11.50
	引火点 (℃)	228	220	215

(具体例 3)

一般式 (I) における飽和炭化水素基 R_A , R_B , R_C として炭素数 6 ~ 9 である有機基を有するリン酸トリエステルを、潤滑油組成物における基油 P 8 ~ P 10 とした。

表 5 に示すように、 R_A , R_B , R_C が、炭素数 9 の 1-ノニル基や炭素数 6 の 2-エチルー 1-ブチル基であるリン酸トリエステルを第 1 の基油とし、各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数を 7.35 とした。この第 1 の基油のみから基油 P 8 が構成される。

R_A , R_B , R_C が、炭素数 8 の 1-オクチル基や炭素数 7 の 1-ヘプチル基であるリン酸トリエステルを第 1 の基油とし、各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数を 7.67 とした。この第 1 の基油のみから基油 P 9 が構成される。

R_A , R_B , R_C が、炭素数 8 のイソノニル基や炭素数 7 の 1-ヘプチル基であるリン酸トリエステルを第 1 の基油とし、各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数を 7.24 とした。この第 1 の基油のみから基油 P 10 が構成される。

(表 5)

	P8	P9	P10
リン酸エステル の RA,RB,RC	1-ノニル基 及び 2-エチル-1-ブチル基	1-オクチル基 及び 1-ヘプチル基	イソノニル基 及び 1-ヘプチル基
平均炭素数	7.35	7.67	7.24

具体例 3 の潤滑油には、表 6 に示すように、各基油 P 8 ～ P 1 0 に加えて、アミン系中和剤であるジオクチル・モノエタノールアミン (A 3)、および酸化防止剤である 2, 6-ジ-tert-ブチル-4-エチルフェノール (B 3) が配合されている。また、この潤滑油には、酸性リン酸エステルであるトリ (2-エチルヘキシル) ホスフェート (Q 3) も適宜配合されている。これら成分により、各基油 P 8 ～ P 1 0 を含有する 3 種類の潤滑油 L 8 ～ L 1 0 が、それぞれ構成されている。

(表 6)

潤滑油		L8	L9	L10
配合比(単位部)	P8	97.8	—	—
	P9	—	97.8	—
	P10	—	—	87.8
	Q3	—	—	10
	A3	2	2	2
	B3	0.2	0.2	0.2
潤滑油の特性	20℃比重 (kg/m ³)	0.910	0.926	0.916
	20℃粘度 (mPa·s)	13.14	12.76	13.55
	引火点 (℃)	242	230	245

ステータ 4 は、図 1 に示すように、ベースプレート 40 の内周面 40 a に固定された複数のコア 41 と、各コア 41 に巻き付けられたコイル 43 と、を備えている。また、ベースプレート 40 の底壁部 40 b の中央部には、中心軸線 A1 を中心とした穴 40 c が形成されており、この穴 40 c に前述したスリーブ本体 27 が固定されるようになっている。すなわち、ステータ 4 とスリーブ 13 とはベースプレート 40 により一体的に固定される。

コイル 43 は、ケーブル 42 を介して図示しない電源と電氣的に接続されており、これらコア 41 およびコイル 43 により交番磁界が形成できる。

ロータ 5 は、有底略円筒状に形成されている。このロータ 5 の底壁部 47 の中央部には、中心軸線 A1 を中心とした貫通孔 47 a が形成されており、軸体 11 の支持部 19 に固定されている。ロータ 5 の底壁部 47 の周縁から突出する円筒壁部 49 の外周面 49 a には、円環状に形成された永久磁石 51 が接着剤等により固定されている。

永久磁石 51 として、円環状に複数の磁極が配列され、これら各磁極の磁束方向が永久磁石 51 の径方向と略一致する、いわゆるラジアル異方性、もしくは等方性のネオジウム磁石が設けられている。この永久磁石 51 は、その外周面 51 a とコア 41 との間に一定の隙間を有するように位置している。したがって、コア 41 およびコイル 43 において交番磁界を発生させた際、この交番磁界が永久磁石 51 に作用してロータ 5 が中心軸線 A1 回りに回転する。

ロータ 5 の底壁部 47 の周縁には、磁気ディスク（情報記録媒体）91 を支持するための段部（固定部）47 b が形成されている。この段部 47 b に磁気ディスク 91 の中央に形成された中央孔 91 a を嵌め込むことにより、磁気ディスク 91 が、ロータ 5 および軸体 11 と共に中心軸線 A1 回りに回転できるようになっている。

また、この HDD（情報記録再生装置）1 は、ステータ 4 に固定されるヘッドスタックアセンブリ（HSA）を備えており、この HSA には、磁気ディスク 91 の表面および裏面に沿って磁気ディスク 91 の外周縁と内周縁との間を移動する磁気ヘッドが設けられている。この磁気ヘッドは、磁気ディスク 91 に情報を記録すると共に磁気ディスク 91 に記録された情報を再生できるように構成

されている。

以上のように構成されるHDD 1において使用する潤滑油 15の蒸発量および粘度について、以下に説明する。

表7に示すように、具体例1～4等のように、前述した条件に合致する3種類の潤滑油（実施例1～3）、および、従来使用されていた2種類の潤滑油（比較例1, 2）について、その蒸発量および粘度を測定した。

（表7）

	平均炭素数	蒸発量[mg]	粘度[mPa.s]	
			-5[°C]	40[°C]
実施例1	7.44	-36.6	37.80	7.28
実施例2	7.45	-36.0	38.00	7.33
実施例3	7.67	-40.5	39.90	7.48
比較例1	7.0	-157.2	34.90	6.50
比較例2	9.0	-17.4	72.00	12.50

実施例1は、前述の具体例1の潤滑油L1を用いた潤滑油である。なお、この潤滑油の基油は、各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数が7.44となるように調製されている。実施例2は、前述の具体例2の潤滑油L6を用いており、この潤滑油の基油において各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数は7.45である。実施例3は、前述の具体例3の潤滑油L9を用いており、この潤滑油の基油において各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数は7.67である。

比較例1は、各 R_A , R_B , R_C に含まれる炭素数を全て7としたトリ（1-ヘプチル）フوسفエートである基油を含む潤滑油を示しており、この潤滑油の基油において各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数は7.0となる。比較例2は、各 R_A , R_B , R_C に含まれる炭素数を全て9としたトリ（1-ノリル）フوسفエートである基油を含む潤滑油を示しており、この潤滑油の基油において各 R_A , R_B , R_C に含まれる平均炭素数は9.0となる。

実施例1～3、比較例1, 2の各潤滑油の蒸発量は、80℃に保持された直径27（mm）のシャーレに潤滑油を3ml入れて、720時間後のオイル重量を

測定し、この測定値と初期値との差から算出した。

図5に示すように、実施例1～3および比較例2の潤滑油に関しては、全ての蒸発量が30～40mgの範囲に収まっており、約5年分の寿命を延ばすことができ、良好である。これに対し、比較例1の潤滑油に関しては、実施例1～3よりも多くの潤滑油が蒸発していることが分かる。

以上のことから、実施例1～3の潤滑油を使用することにより、モータ3において使用する潤滑油の量を少なくすることができる。すなわち、潤滑油を注入する軸体11とスリーブ13との隙間の容積を減らすことができ、モータ3の小型化を図ることができる。

実施例1～3、比較例1、2の各潤滑油の粘度は、潤滑油の温度を-5℃および40℃として測定を行った。図6に示すように、全ての潤滑油について温度が上昇する程粘度は低くなる傾向にあり、また、比較例2の潤滑油については、温度に関係なく、実施例1～3および比較例1の潤滑油よりも粘度が高いことが分かる。また、実施例1～3および比較例1の潤滑油は、比較例2の潤滑油と比較して温度変化に対する粘度の変化が小さい。すなわち、粘度の温度依存性が低いことが分かる。

以上のことから、実施例1～3の潤滑油は、全て同じ炭素数である飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを基油とした従来の流体動圧軸受用潤滑油（以下、潤滑油とも呼ぶ。）よりも、潤滑油の蒸発量と粘度とのトレードオフの関係を少なくすることができる。したがって、さらに低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油を提供できる。

上記の性状を有する潤滑油15を使用したHDD1において、磁気ディスク91に情報を記録したり、磁気ディスク91に記録された情報を再生したりする場合、磁気ディスク91を回転させる。この際、コア41およびコイル43において交番磁界を発生させ、この交番磁界を永久磁石51に作用させてロータ5を回転させる。これにより、軸体11が中心軸線A1回りに回転し、動圧発生部25において発生するラジアル動圧およびスラスト動圧によってスリーブ13が軸体11およびロータ5を回転可能に支持する。

上記のように、粘度が低く、かつ粘度の温度依存性の低い潤滑油15を使用し

た場合、ロータ 5 をステータ 4 に対して回転させる際のロータ 5 の駆動に要する消費電流を削減することができると共に、ロータ 5 の回転精度を向上させることができる。

本発明の潤滑油 15 をモータ 3 に使用し、ロータ 5 を所定の速度で回転するようにコイル 43 に電流を流す状態（ON 状態）と、電流を流さない状態（OFF 状態）とを 5 秒間隔で交互に繰り返すエージングを行い、10 分毎にコイル 43 に流れる電流値を測定した。この電流値が、軸体 11 およびロータ 5 の駆動に要する消費電流となる。

測定結果を図 7 に示す。なお、このグラフの横軸は、電流値の測定回数を示しており、「1 回目」の電流値は、モータ 3 を製造した後に、初めてコイル 43 に電流を供給したときの値である。また、この測定は、同一の潤滑油 15 を使用した同一形状のモータ 3 を 8 台用意し、これら複数のモータ 3 について行った。

この結果によれば、モータ 3 毎に消費電流の値に違いはあるものの、時間の経過に関係なく、各モータ 3 のロータ 5 が、ほぼ一定の低い電流値で駆動されていることが分かる。この結果は、潤滑油 15 の粘度が低いことに起因している。したがって、本発明の潤滑油 15 を使用することにより、低い電流値でロータ 5 を駆動させることができる。

また、モータ 3 の起動と停止を繰り返す際には、軸体 11 とスリーブ 13 との間に摩擦が発生して潤滑油 15 が加熱されることになるが、各モータ 3 における電流値が殆ど変化していないことが分かる。この結果は、潤滑油 15 における粘度の温度依存性が低いことに起因している。したがって、低温時の潤滑油 15 の粘度上昇に伴うモータ 3 の消費電流の上昇を抑制できると共に、高温時の潤滑油 15 の粘度低下に伴う軸受剛性の低下を抑制するため、ステータ 4 に対するロータ 5 の回転精度を維持できる。

また、軸体 11 がスリーブ 13 に対して停止している状態から、軸体 11 をスリーブ 13 に対して回転させた際には、前述のように、軸体 11 とスリーブ 13 との摩擦等によって潤滑油 15 が加熱される。このため、潤滑油 15 に含まれるリン酸エステルが高温分解されると共に軸体 11 およびスリーブ 13 の鉄分と結合して、リン化鉄（ FeP 、 Fe_3P 、 Fe_2P 、 FeP_2 ）が生成される。このリ

ン化鉄は、軸体 11 の表面やスリーブ 13 の内壁面にある凹部に入り込んで平滑面を形成すると共に、潤滑性に優れる皮膜を軸体 11 の表面やスリーブ 13 の内壁面に形成する。なお、上述した凹部は、軸体 11 とスリーブ 13 との摩擦等によって形成されるものである。

上記のように、潤滑油 15 に炭素数の異なる飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを含ませることにより、低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油 15 を提供できる。

また、この潤滑油 15 を流体動圧軸受に使用した場合、低蒸発量の潤滑油 15 を使用しているため、オイルシール部 38 の容積 V に対して開口部面積 S を大きくしても潤滑油 15 の蒸発量の増加を抑制できる。すなわち、オイルシール部 38 の容積 V を一定とした場合、従来のオイルシール部 38 よりも開口部面積 S を増加させてオイルシール部 38 の長さ寸法を短くすることができるため、流体動圧軸受 7 の小型化・薄型化を図ることができる。

また、開口部面積 S を一定とした場合、容積 V を小さくしてオイルシール部 38 に充填する潤滑油の量を少なくしても、流体動圧軸受 7 を長時間使用できる。

さらに、軸体 11 の表面やスリーブ 13 の内壁面にリン化鉄からなる皮膜が形成されるため、軸体 11 とスリーブ 13 との隙間に局地的な油膜切れが発生しても、流体動圧軸受 7 におけるカジリ現象の発生を抑制して回転ロックを防止できる。また、軸体 11 およびスリーブ 13 が、硬度の等しい同じ種類の金属材料から構成されているため、前述した摩擦による軸体 11 およびスリーブ 13 の摩耗を抑制できる。以上のことから流体動圧軸受の長寿命化を図ることが可能となる。

また、この流体動圧軸受 7 をモータ 3 に設けた場合、粘度や粘度の温度依存性が低い潤滑油 15 を使用することによりロータ 5 の駆動に要する消費電流の削減を図ることができると共に、ステータ 4 に対するロータ 5 の回転精度を向上させることができる。

さらに、このモータ 3 を HDD 1 に設けた場合、ステータ 4 に対するロータ 5 の回転精度が向上するため、すなわち、モータ 3 の回転むらを抑制できるため、磁気ディスク 91 に情報を書き込む際や、磁気ディスク 91 から情報を読み出す

際に不具合が発生することを防止できる。

なお、上記の実施形態において、ステータ4は、円環状の永久磁石51の外周面51aに対向して配されるところとしたが、これに限ることはなく、少なくともこれらステータ4および永久磁石51によりロータ5を回転させるように構成されていれればよい。したがって、ステータ4は、永久磁石51の内周面側に対向する位置に配されるところとしてもよい。この場合、永久磁石51をロータ5の内周面側に固定し、この内周面に対向するベースプレート40やスリーブ13の外周面側にステータ4を固定すればよい。

また、磁気ディスク91に限ることはなく、例えば、光ディスクであってもよい。この場合、磁気ヘッドの代わりに、光ディスクに情報を記録すると共に光ディスクに記録された情報を再生する光ピックアップをHSAに設ければよい。

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

産業上の利用の可能性

本発明は、潤滑油に炭素数の異なる飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルを含ませることにより、低蒸発量で、かつ粘度が低く、粘度の温度依存性も低い潤滑油を提供することができる。

また、この流体動圧軸受用潤滑油を流体動圧軸受に使用した場合には、開口部面積Sを増加させることによりオイルシール部の長さ寸法を短くすることができ、また、オイルシール部の容積Vを小さくすることができるため、流体動圧軸受の小型化・薄型化を図ることができる。また、この場合には、カジリ現象に基づく回転ロックを防止すると共に、軸体および軸体支持部の摩耗を抑制できるため、流体動圧軸受の長寿命化を図ることができる。

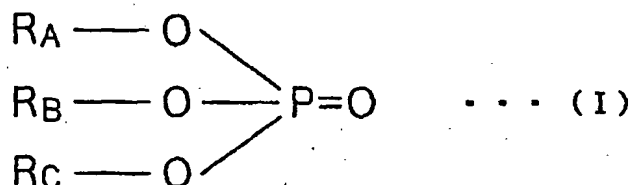
さらに、この流体動圧軸受をモータに設けた場合には、粘度や粘度の温度依存性が低い潤滑油を使用することにより、ロータの駆動に要する消費電流の削減を図ることができると共に、ステータに対するロータの回転精度を向上させることができる。

また、このモータを情報記録再生装置に設けた場合には、モータの回転むらが抑制されるため、情報記録媒体に情報を書き込む際や、情報記録媒体から情報を読み出す際に不具合が発生することを防止することができる。

請求の範囲

1. 流体動圧軸受用潤滑油であって、

一般式 (I)



(式中、 R_A , R_B , R_C は、それぞれアルキル基を示している。)により表されるリン酸トリエステルを含有する基油を有し、

前記基油中に主基油として、前記一般式 (I) 中の3つのアルキル基が飽和炭化水素基であり、かつ、前記3つの飽和炭化水素基のうち1つの炭素数が他の2つの炭素数と異なるリン酸トリエステルを含有する。

2. 請求項1に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油が、炭素数が8～9の前記飽和炭化水素基を少なくとも1つと、炭素数が6～7の前記飽和炭化水素基を少なくとも1つと、を有する。

3. 請求項2に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

炭素数8～9の前記飽和炭化水素基が、2-エチルー1-ヘキシル基、1-オクチル基、3, 5, 5-トリメチルー1-ヘキシル基、イソノニル基、1-ノニル基のいずれかである。

4. 請求項2に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

炭素数6～7の前記飽和炭化水素基が、3-メチルー1-ヘキシル基、5-メチルー1-ヘキシル基、1-ヘプチル基、1-ヘキシル基のいずれかである。

5. 請求項 1 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油に、他の基油、硫黄系極圧剤、防錆剤、酸化防止剤、酸性リン酸エステル、アミン系中和剤の少なくとも 1 つが添加されて前記基油が構成されている。

6. 請求項 5 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記他の基油が、鉱油系基油、合成系基油、エステル油、炭素数 6 ～ 9 の飽和炭化水素基を有するリン酸トリエステルの少なくとも 1 つを含み、

前記基油に対する前記主基油の含有量が、30 重量%以上 100 重量%未満である。

7. 請求項 1 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油に含まれる 3 つの前記飽和炭化水素基の平均炭素数が、7 よりも大きく 8 未満である。

8. 請求項 6 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油であるリン酸トリエステルと、前記他の基油に含まれるリン酸トリエステルとを合わせた全てのリン酸トリエステルの飽和炭化水素基の平均炭素数が、7 よりも大きく 8 未満である。

9. 請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油に含まれる前記飽和炭化水素基が、全て直鎖アルキル基である。

10. 請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油に含まれる前記炭素数 8 ～ 9 の飽和炭化水素基が分枝アルキル基であり、

前記主基油に含まれる前記炭素数 6 ～ 7 の飽和炭化水素基が、直鎖アルキル基である。

1 1. 請求項 2 に記載の流体動圧軸受用潤滑油であって、

前記主基油に含まれる前記炭素数 8 ～ 9 の飽和炭化水素基が、直鎖アルキル基であり、

前記主基油に含まれる前記炭素数 6 ～ 7 の飽和炭化水素基が、分枝アルキル基である。

1 2. 流体動圧軸受であって、

軸体と、

前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、

前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の流体動圧軸受用潤滑油と、

前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧を発生する動圧発生溝が前記軸体の表面または前記軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成された動圧発生部と、を備え、

前記隙間の端部に形成され、前記軸体挿入穴の開口部に向けて漸次広がるオイルシール部が設けられ、

前記オイルシール部の容積 ($V \text{ mm}^3$) に対する前記開口部の面積 ($S \text{ mm}^2$) の比が、 $2 \leq S/V \leq 6$ ($1/\text{mm}$) を満たす。

1 3. 請求項 1 2 に記載の流体動圧軸受であって、

前記開口部の面積が、 $0.5 \leq S \leq 6$ (mm^2) を満たす。

1 4. 流体動圧軸受であって、

軸体と、

前記軸体を回転自在に収容する軸体挿入穴を形成した軸体支持部と、

前記軸体と前記軸体挿入穴との間に形成された隙間に充填された請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の流体動圧軸受用潤滑油と、

前記軸体と軸体支持部とをその軸線回りに相対的に回転させた際に前記流体動圧軸受用潤滑油を集めて動圧を発生する動圧発生溝が前記軸体の表面または前記

軸体挿入穴の内壁面の少なくとも一方に形成された動圧発生部と、を備え、
前記軸体および前記軸体支持部が、同じ種類の鉄系金属材料から形成されている。

15. モータであって、
コアおよびコイルからなるステータと、
前記ステータに対向して円環状に配列された永久磁石を有するロータと、
請求項12から請求項14のいずれか1項に記載の流体動圧軸受と、を備え、
前記ステータと前記軸体支持部とが一体的に固定され、
前記ロータが、前記軸体に固定されている。

16. 情報記録再生装置であって、
請求項15に記載のモータと、
薄板状の情報記録媒体と、
前記情報記録媒体に情報を記録すると共に前記情報記録媒体に記録された情報を再生するヘッドスタックアッセンブリと、を備え、
前記ロータが、前記情報記録媒体を固定する固定部を備える。

1/6

図 1

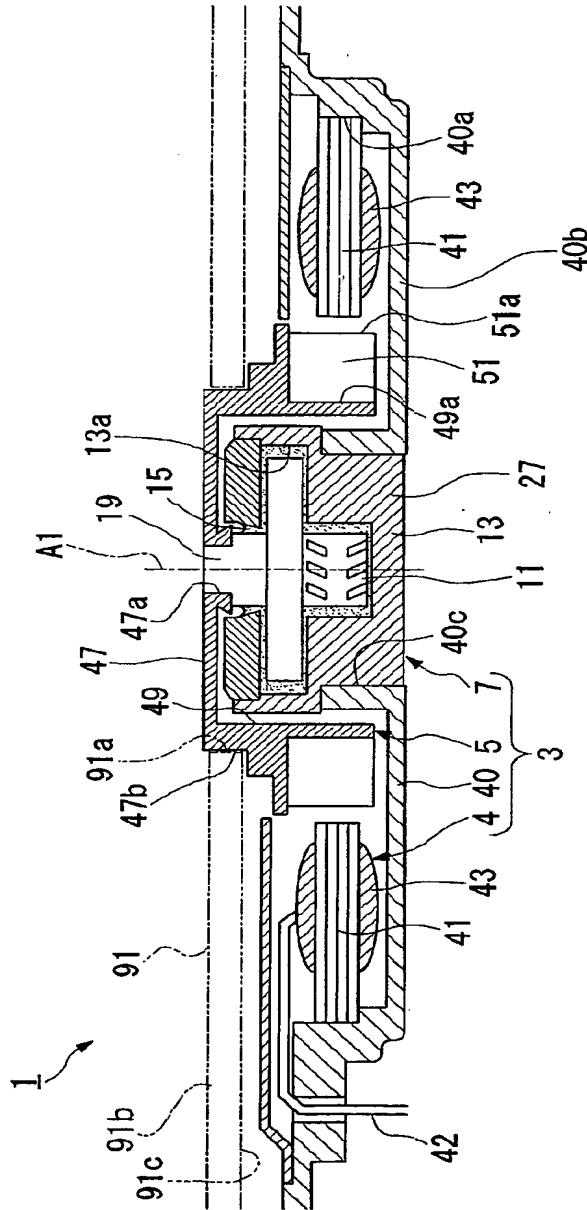
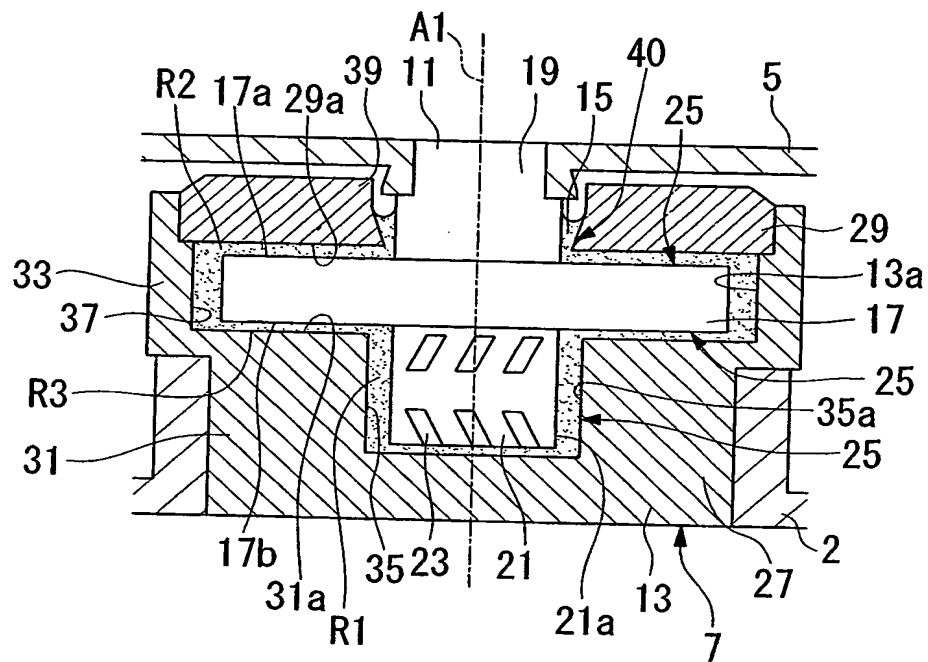


图 2



3/6

図 3

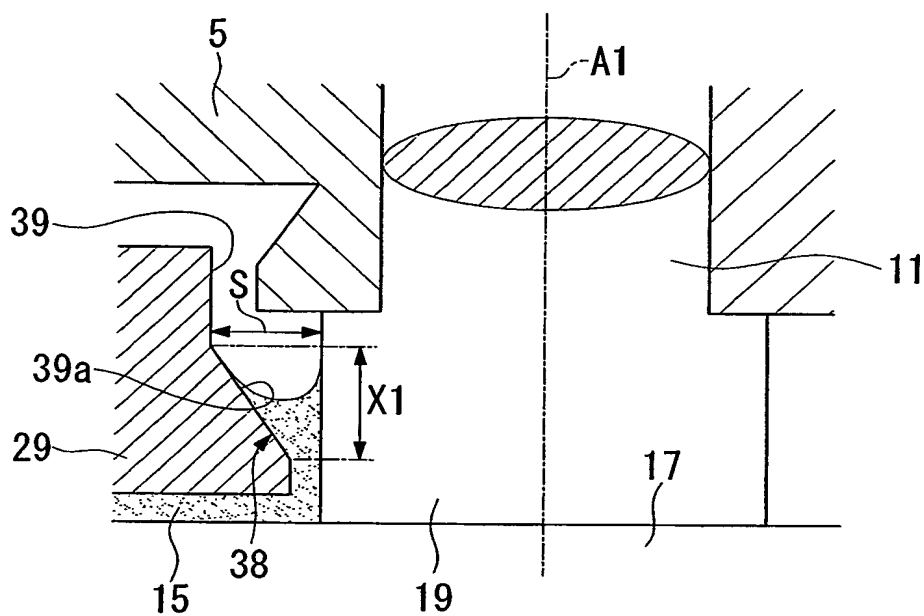


図 4

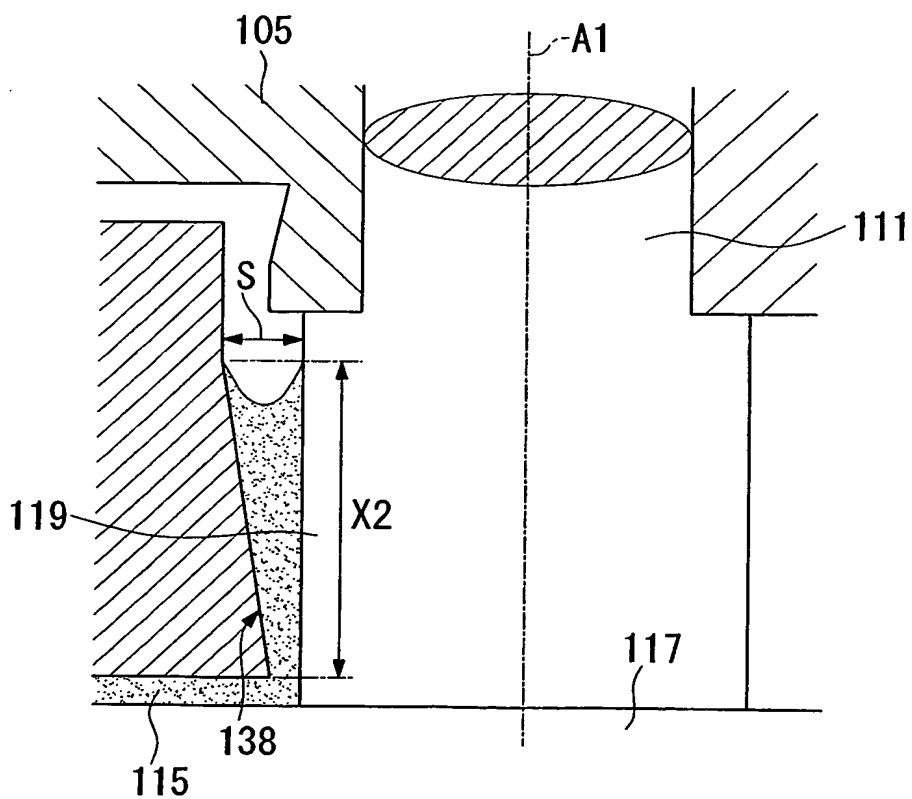


図 5

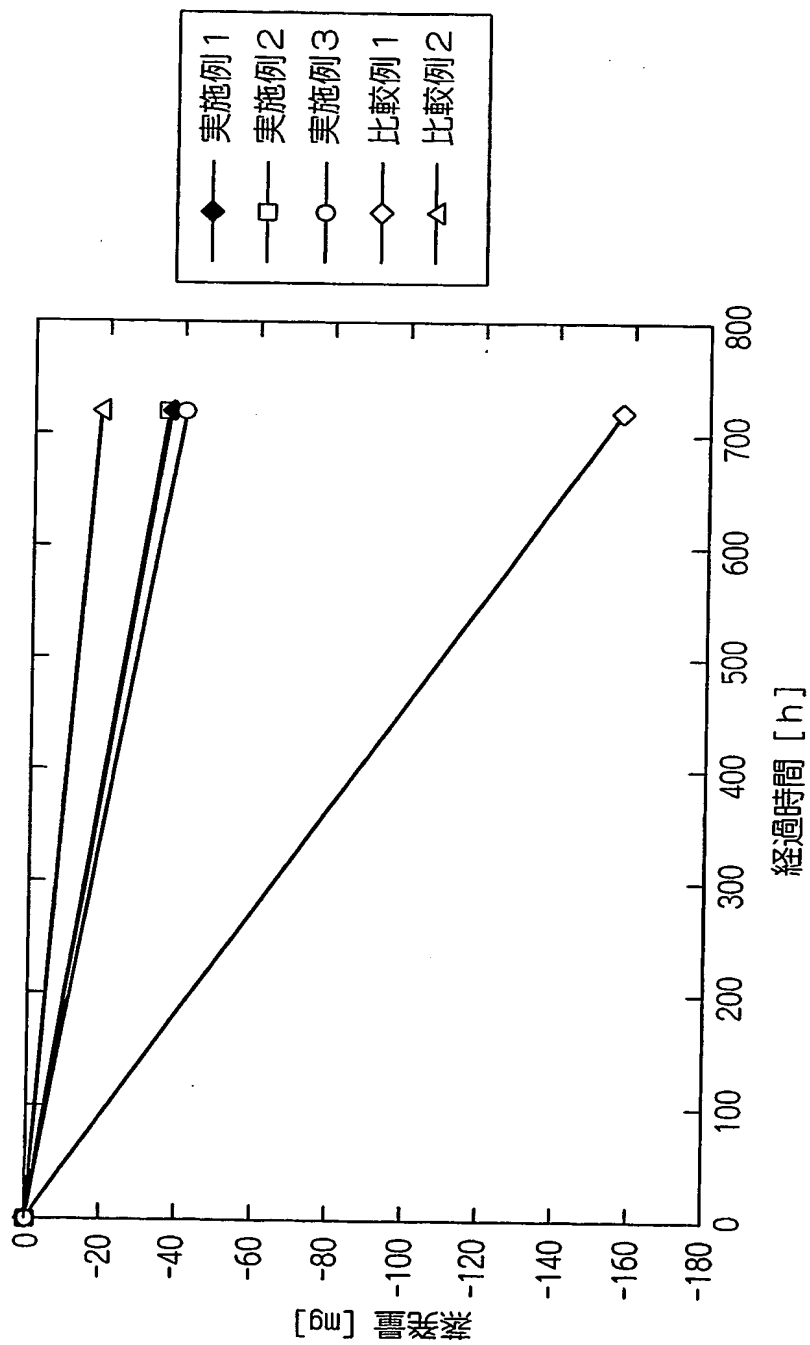
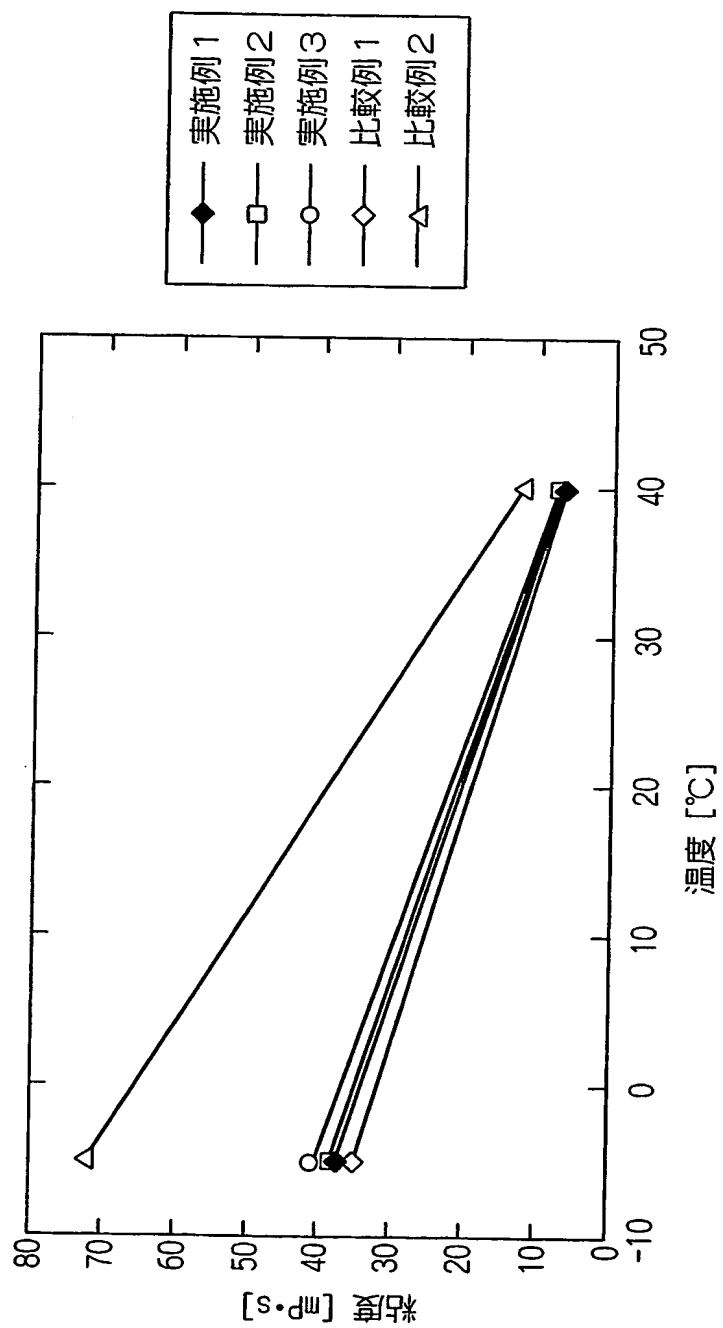
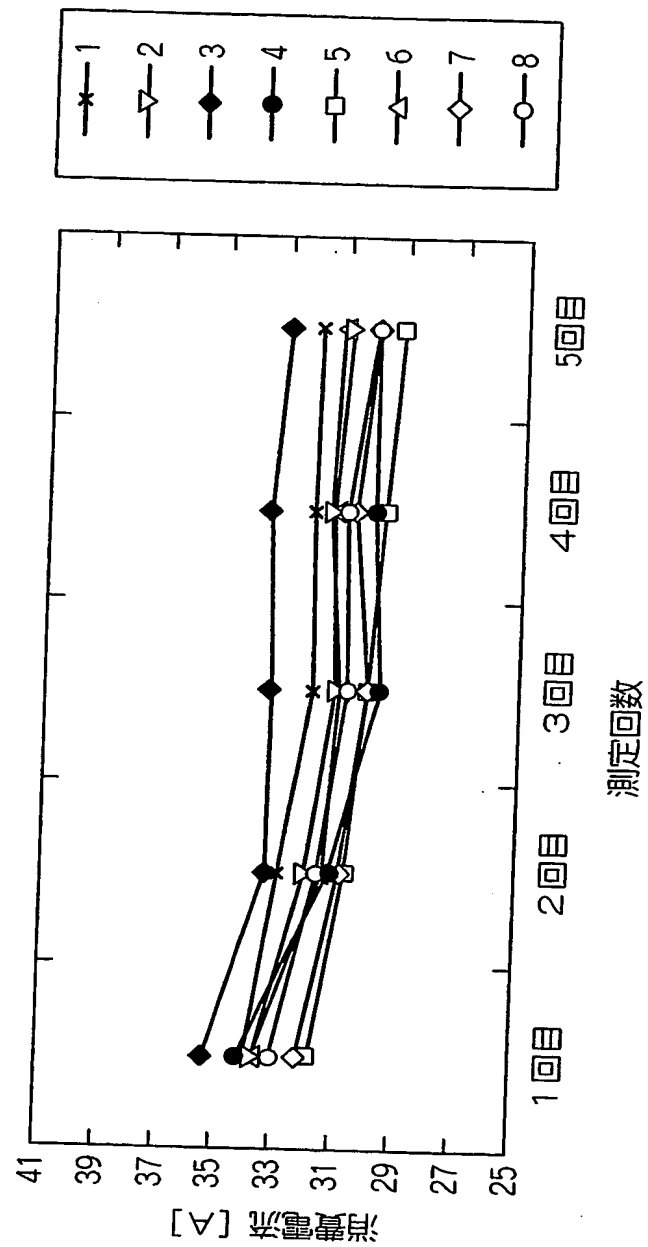


図 6



6/6

図 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009389

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C10M105/74, F16C17/02, 17/10, 33/10, H02K7/08,
G11B33/12//C10N30:00, 30:02, 40:02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C10M105/74, 137/02-137/10, C10N30:00-30:02, 40:02,
F16C17/02-17/10, 33/10, H02K7/08, G11B33/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-139971 A (Seiko Instruments Inc., et al.), 22 May, 2001 (22.05.01), (Family: none)	1-16
A	JP 2001-240885 A (NIDEC Corp.), 04 September, 2001 (04.09.01), (Family: none)	1-16
A	JP 2001-316687 A (Japan Energy Corp. et al.), 16 November, 2001 (16.11.01), (Family: none)	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 August, 2004 (24.08.04)

Date of mailing of the international search report
14 September, 2004 (14.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009389

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-155944 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 May, 2002 (31.05.02), (Family: none)	1-16
A	JP 2002-206094 A (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 26 July, 2002 (26.07.02), (Family: none)	1-16
A	JP 2002-348586 A (Citizen Watch Co., Ltd.), 04 December, 2002 (04.12.02), (Family: none)	1-16
P,A	JP 2004-51720 A (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 19 February, 2004 (19.02.04), (Family: none)	1-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.¹ C10M 105/74, F16C 17/02, 17/10, 33/10,
H02K 7/08, G11B 33/12
//C10N 30:00, 30:02, 40:02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.¹ C10M 105/74, 137/02-137/10,
C10N 30:00-30:02, 40:02,
F16C 17/02-17/10, 33/10, H02K 7/08, G11B 33/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-139971 A (セイコーインスツルメンツ株式会社 外2名), 2001.05.22 (ファミリーなし)	1-16

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*: 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.08.2004

国際調査報告の発送日

14.9.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山本 昌広

4V

9280

電話番号 03-3581-1101 内線 3483

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-240885 A (日本電産株式会社) , 2001.09.04 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2001-316687 A (株式会社ジャパンエナジー 外1名) , 2001.11.16 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2002-155944 A (松下電器産業株式会社) , 2002.05.31 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2002-206094 A (出光興産株式会社) , 2002.07.26 (ファミリーなし)	1-16
A	JP 2002-348586 A (シチズン時計株式会社) , 2002.12.04 (ファミリーなし)	1-16
P, A	JP 2004-51720 A (出光興産株式会社) , 2004.02.19 (ファミリーなし)	1-16